

# **KARAKTERISASI PANEL PENYERAP BUNYI UNTUK MEREDUKSI KEBISINGAN DI DALAM KABIN MASINIS LOKOMOTIF CC201**

Nama : Tri Sujarwanto  
NRP : 1109100055  
Pembimbing : Lila Yuwana, M.Si  
Gontjang Prajitno, M.Si

## **ABSTRAK**

Telah dilakukan karakterisasi panel absorber dan pengamatan terhadap tingkat kebisingan di dalam kabin masinis pada lokomotif CC201 dengan tujuan untuk mengetahui nilai parameter akustik panel dan untuk mengidentifikasi kebisingan di dalam kabin masinis. Pengamatan dilakukan dengan beberapa variasi kondisi lokomotif meliputi nyala mesin, pergerakan kereta, kondisi sarana insulasi ruang, sistem transmisi mesin, dan pengaruh pemasangan panel absorber. Panel yang digunakan pada penelitian dikarakterisasi meliputi nilai koefisien absorpsi bahan, reduksi bising, selisih tingkat tekanan bunyi, rugi sisipan, dan nilai rugi transmisi. Dari hasil penelitian, diketahui bahwa kebisingan di dalam kabin masinis dipengaruhi oleh nyala mesin kereta api yang dapat menyebabkan peningkatan tingkat kebisingan yang berbeda pada masing-masing frekuensi berkisar antara 19,4 hingga 35 dBA. Pergerakan kereta api menyebabkan peningkatan tingkat kebisingan 1,3 hingga 8,5 dBA yang dipengaruhi oleh kecepatan kereta api. Jendela dan pintu kabin sebagai sarana insulasi ruang dapat mereduksi tingkat kebisingan antara 6,3 hingga 14,4 dBA apabila keduanya dalam kondisi tertutup. Tingkat kebisingan didalam kabin masinis sebanding dengan sistem transmisi mesin. Pemasangan panel absorber yang dibuat pada penelitian ini dapat mereduksi tingkat kebisingan sebesar 0,1 – 3,8 dBA.

Kata kunci : Tingkat kebisingan, kabin masinis, panel absorber

***”Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# **CHARACTERIZATION OF SOUND ABSORBER PANEL FOR REDUCTING NOISE INSIDE THE TRAIN'S DRIVER CABIN OF LOCOMOTIVE CC201**

Name	: Tri Sujarwanto
NRP	: 1109100055
Supervisor	: Lila Yuwana, M.Si Gontjang Prajitno, M.Si

## **ABSTRACT**

The observation has been executed on the noise level inside the train's driver cabin of locomotive CC201 to identify the noise level inside a locomotive cabin along with the factors affecting it. The observation was done with several locomotive condition variations, including running engine, train movement, room facility insulation, engine transmission system, and effect of the panel absorber installation. The panel for the experiment was first characterized to find certain panel acoustic perimetre, including material absorbtion coeffecient, noise reduction, sound pressure level difference, insertion loss, and transmission loss. The observation result showed an increasing of noise levels in each frequency, ranging from 19.4 to 35 dBA, caused by running engine. Train movement caused the increase of noise level from 1.3 to 8.5 dBA which was affected by the train velocity. Windows and cabin doors acted as room insulation facility can reduce the noise level ranging from 6.3 to 14.4 dBA if both were closed. The noise level inside the train's driver cabin was proportionate to the engine transmission system with the highest value at eighth grade. Panel Absorber Installation was able to reduct the noise between 0.1 to 3.8 dBA.

Keywords: noise level, train's driver cabin, sound absorber panel

***”Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Bunyi

Bunyi pada dasarnya memiliki dua definisi yaitu secara fisis dan secara fisiologis. Bunyi secara fisis didefinisikan “penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik yaitu udara”. Bunyi secara fisiologis dapat didefinisikan “sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis saat terjadi pergeseran partikel dalam medium elastik yaitu udara” (Doelle, 1972). Telinga normal seseorang dapat mendengar bunyi pada jangkauan sekitar 20 Hz sampai 20.000 Hz. Seperti definisi bunyi secara fisis, bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia pada frekuensi 1000 Hz tekanannya harus berada pada selang 20  $\mu\text{Pa}$  sampai sekitar 100 Pa. Diluar jangkauan tekanan tersebut bunyi tidak dapat ditangkap oleh telinga dikarenakan akan menimbulkan rasa sakit pada telinga manusia. Dari penjelasan tersebut, berarti terdapat selang sebesar  $10^7$  Pa. Karena selang tersebut sangat lebar maka digunakan skala lain untuk menyatakan tekanan bunyi yang diukur dalam skala logaritmis yang disebut Tingkat Tekanan Bunyi atau *Sound Pressure Level* (SPL), secara matematis dapat diberikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$SPL = 10 \log \frac{P^2}{P_{ac}^2} \text{ dB} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan,

- SPL : Tingkat tekanan bunyi (dB),
- P : Tekanan bunyi yang diukur (Pa),
- $P_{ac}$  : Tekanan bunyi acuan yang besarnya  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa.

Bunyi yang kita dengar seringkali merupakan jumlah dari beberapa sumber bunyi. Dalam hal ini, penjumlahan desibel tidak dapat dilakukan secara aritmatika misalnya  $60 \text{ dB} + 60 \text{ dB} \neq 120 \text{ dB}$ , namun penjumlahan desibel dilakukan secara logaritmis. Pada tabel 2.1, dapat dilihat perumusan untuk menghitung dua tingkat bunyi. Bila selisih antara dua tingkat bunyi adalah 0 dB, maka tingkat bunyi total adalah tingkat bunyi yang lebih tinggi ditambahkan dengan angka 3 dB. Demikian pula untuk selisih 1 dB dan seterusnya

Tabel 2.1 Tabel selisih untuk penjumlahan dB

Selisih antara dua tingkat bunyi	dB yang harus ditambahkan pada tingkat bunyi yang lebih tinggi
0 atau 1	3
2 atau 3	2
4 – 9	1
$\geq 10$	0

Sebagai contoh, misalkan ada dua sumber bunyi di dalam ruang. Pada satu titik pengamatan, speaker A saja menghasilkan SPL 80 dB dan speaker B saja menghasilkan SPL 84 dB. Selisih SPL dua sumber bunyi tersebut adalah 4 desibel, sehingga saat kedua speaker tersebut dinyalakan bersamaan, total SPL oleh kedua sumber bunyi adalah  $84 + 1 = 85 \text{ dB}$  (Prasetio, 2003).

Pengukuran tingkat tekanan bunyi dilakukan dengan menggunakan *Sound Level Meter* (SLM). Mekanisme kerja SLM adalah bergetarnya sensor akibat adanya perubahan tingkat tekanan bunyi. (Nanu, 2011). SLM dapat menunjukkan skala pembobotan A, B, C, dan D; yang merupakan skala pengukuran karakteristik respon frekuensi. Skala A yang dinyatakan dalam satuan dB(A) merupakan skala yang paling mewakili batasan pendengaran

manusia dan respons telinga terhadap kebisingan karena berada pada daerah kepekaan manusia pada 40 phon dengan intensitas antara 35 – 135 dB (Suma'mur, 2011).

Dalam pengukuran SPL dari sumber suara yang bersifat kompleks, yaitu terdiri dari sejumlah nada dengan frekuensi yang berbeda-beda, nilai hasil pengukuran secara keseluruhan (*over-all*) tidak dapat digunakan dalam penelitian secara analitis karena pada suara yang kompleks, SPL merupakan fungsi frekuensi sehingga perlu dilakukan penyaringan (*filtering*) frekuensi. Teknik penyaringan frekuensi yang paling banyak digunakan pada SLM adalah penyaring pita 1 oktaf,  $\frac{1}{2}$  oktaf, dan  $\frac{1}{3}$  oktaf.

Pada pengukuran menggunakan SLM, terdapat 2 hal teknis yang perlu diperhatikan; posisi pengukur dan bising latar belakang (*background noise*). Posisi subjek pengukur dapat berpengaruh pada data hasil pengukuran. Jika pada saat pengukuran SLM dipegang dengan tangan maka akan berpengaruh pada hasil pengukuran terutama pada frekuensi tinggi. Posisi pengukur secara radial juga berpengaruh pada hasil pengukuran karena adanya atenuasi bunyi akibat sudut antara penerima dengan sumber bunyi. Pada pengukuran yang memerlukan tingkat akurasi tinggi, pemasangan mikrofon sangat disarankan menggunakan kabel tambahan. Bising latar belakang (*background noise*) juga merupakan hal yang perlu diperhatikan karena terkadang pengukuran terhadap suatu objek tidak dapat dilakukan pada ruangan khusus sehingga terdapat adanya kebisingan dari sumber yang lainnya. Adanya sumber suara lainnya juga dapat mempengaruhi validitas data pengukuran karena adanya penjumlahan SPL antara sumber yang diukur dengan sumber lainnya tersebut. Oleh karena itu, sumber suara yang akan diamati harus lebih dari 10 dB karena jika selisih SPL lebih dari 10 dB maka faktor penjumlahan desibel adalah 0 sehingga sumber

lainnya tersebut dapat diabaikan karena tidak mengubah tingkat tekanan bunyi sumber yang menjadi fokus pengukuran (Beranek, 1954).

## 2.2. Karakter akustik material

Bunyi yang mengenai suatu benda akan mengalami 3 respon; dipantulkan, diserap, dan diteruskan. Setiap material memiliki sifat spesifik yang berbeda dalam merespon bunyi yang datang. Perbedaan respon tersebut dinamakan karakteristik akustik dari suatu material. Beberapa parameter karakter akustik material adalah *transmission loss*, *noise reduction*, *insertion loss*, dan koefisien absorpsi.

Bila dalam suatu ruangan terdapat dinding pemisah yang membagi ruangan tersebut menjadi 2 bagian dan disalah satu ruang yang dipisahkan oleh dinding tersebut diberikan suatu sumber bunyi, maka bunyi dapat ditransmisikan ke ruang yang lain melalui dinding pemisah tersebut. Saat suatu bunyi ditransmisikan, ditunjukkan bahwa energi gelombang datang sebagian akan ditransmisikan, sebagian di serap dan sebagian lagi akan dipantulkan. Perbandingan antara energi yang ditransmisikan dengan energi yang datang dinyatakan dengan besaran koefisien transmisi  $\tau$ . Gejala transmisi bunyi melalui dinding pemisah antara dua ruang tersebut dapat dijelaskan dengan reduksi bising dan rugi transmisi.

Reduksi bising atau dikenal *noise reduction (NR)* menyatakan insulasi bunyi antara ruang-ruang karena ikut memperhitungkan efek berbagai jejak transmisi antar ruang sumber dan ruang pendengar, serta sifat akustik ruangan tersebut. *NR* juga dapat dinyatakan sebagai perbedaan SPL antara ruang sumber dan ruang pendengar saat partisi telah dipasang. Nilai *NR* dapat diberikan dengan persamaan sebagai berikut (Doelle, 1972):



$$NR = L_s' - L_p' \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan,

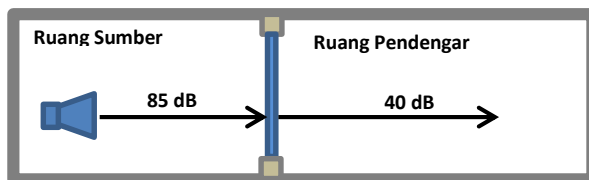
$L_s'$  : tingkat tekanan bunyi rata-rata dalam ruang sumber (dB),

$L_p'$  : tingkat tekanan bunyi rata-rata dalam ruang pendengar (dB).

Rugi transmisi (*transmission loss*) atau yang umumnya disingkat *TL* adalah sebagai kemampuan suatu partisi untuk mengurangi energi bunyi yang melaluinya. Rugi transmisi dikenal juga sebagai indeks reduksi bunyi, umumnya diukur pada pita 1/3 oktaf (Crocker, 1998). Nilai numerik *TL* suatu bahan partisi hanya bergantung pada konstruksi partisi seperti berat, ketebalan, kualitas bahan, elastisitas dan frekuensi bunyi. *TL* ini tidak bergantung pada sifat akustik kedua ruang yang dipisahkan oleh partisi tersebut. Besarnya *TL* secara matematis dinyatakan sebagai berikut:

$$TL = 10 \log_{\tau} \frac{1}{\tau} \dots\dots\dots (2.3)$$

Mengukur nilai *TL* suatu bahan dapat dilakukan dengan cara menempatkan bahan tersebut menjadi partisi antara dua ruang yaitu ruang sumber dan ruang pendengar.



Gambar 2.1 Ukuran insulasi bunyi yang melewati suatu partisi

Pengukuran nilai *TL* dilakukan sesuai standar *American Society for Testing and Materials*, *American National Standards Institute* dan *International Organization for Standardization*. Metode yang disarankan adalah suatu panel partisi yang

menggambarkan sebuah dinding atau lantai dalam pengujian ini harus cukup besar dan biasanya dipasang dalam kerangka percobaan yang diletakkan dalam suatu bukaan antar dua ruang percobaan (dengung) menyerupai konstruksi sesungguhnya. Pengukuran TL dibuat pada beberapa frekuensi antara 125 Hz sampai 4000 Hz. Secara matematis, nilai TL dapat dihitung dengan persamaan (Prasetio, 2003):

$$TL = L_s' - L_p' + 10 \log s - 10 \log A_2 \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan,

$L_s'$  = tingkat tekanan bunyi dalam ruang sumber (dB),

$L_p'$  = tingkat tekanan bunyi dalam ruang pendengar (dB),

$S$  = luas partisi ( $m^2$ ),

$A_2$  = penyerapan total di ruang pendengar ( $m^2$  Sabine).

Saat volume salah satu ruang relatif jauh lebih kecil dibandingkan dengan volume ruang lainnya, nilai  $TL$  partisi suatu bahan dapat ditentukan oleh rugi sisipan (*Insertion Loss*) yaitu selisih tingkat tekanan bunyi di ruang pendengar pada saat sebelum dan sesudah partisi diberikan (Prastowo, 1992). Nilai rugi sisipan ( $IL$ ) dapat ditentukan dengan persamaan:

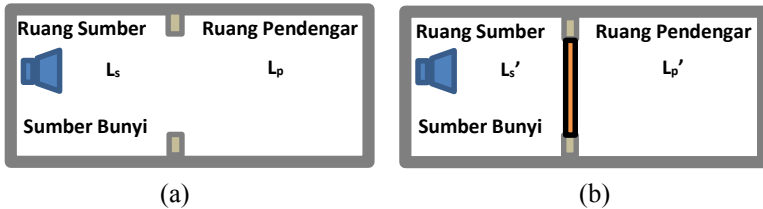
$$IL = L_p - L_p' \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan

$L_p$  = SPL ruang pendengar sebelum partisi dipasang (dB),

$L_p'$  = SPL ruang pendengar setelah partisi dipasang (dB).

Definisi antara rugi sisipan ( $IL$ ) dan beda tingkat tekanan bunyi ( $\Delta L$ ) dapat dijelaskan seperti pada Gambar 2.2. Nilai  $\Delta L$  merupakan perbedaan SPL yang diukur di ruang sumber. Dalam melakukan pengukuran SPL pada ruang sumber secara teknis sulit untuk dilakukan. Seperti halnya  $NR$ , nilai  $\Delta L$  dipengaruhi dari sifat akustik ruang maka  $\Delta L$  dapat ditentukan dari perhitungan nilai penyerapan total ruang sumber.



Gambar 2.2 Ruang sumber dan pendengar; (a) sebelum partisi dipasang; (b) setelah partisi dipasang (Santoso, 2012)

Penyerapan total ruang sumber merupakan penyerapan total dari dinding pada ruang sumber sebelum partisi dipasang dan setelah partisi dipasang. Dari pengertian diatas, nilai  $\Delta L$  secara matematis dinyatakan:

$$\Delta L = 10 \log \frac{A_0}{A_1} \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan

$A_0$  = Penyerapan total di ruang pendengar tanpa partisi; dinyatakan dalam  $m^2$  sabine,

$A_1$  = Penyerapan total di ruang pendengar setelah partisi dipasang; dinyatakan dalam  $m^2$  sabine.

Hubungan antara besaran akustik rugi sisipan ( $IL$ ) dan beda tingkat tekanan bunyi pada ruang sumber ( $\Delta L$ ) terhadap rugi transmisi ( $TL$ ) secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut (Masrur, 2012):

$$TL = IL + 10 \log \frac{A_0}{A_1} + 10 \log \frac{S}{A_2}$$

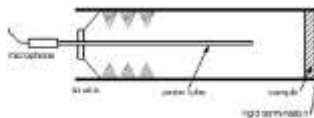
$$TL = IL + \Delta L + 10 \log \frac{S}{A_2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Menentukan nilai penyerapan ini dapat dilakukan dengan cara mengukur reverberation time (RT) atau biasanya dikenal sebagai waktu dengung; yakni waktu yang dibutuhkan untuk bunyi meluruh 60 dB atau dikenal sebagai  $RT_{60}$ . Penentuan nilai  $\Delta L$  dengan menggunakan waktu dengung dapat dihasilkan nilai lebih akurat dikarenakan penyerapan total ruang,  $A$ , adalah sifat akustik berpengaruh pada nilai  $\Delta L$ .

$$A = \sum_{i=1}^N S_i \alpha_i \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan  $S$  adalah luas permukaan dari masing-masing elemen benda yang terdapat didalam ruang, dan  $\alpha$  adalah koefisien absorpsi benda. Koefisien absorpsi benda adalah rasio energi yang diserap permukaan benda terhadap energi yang datang. Pengukuran terhadap koefisien absorpsi benda dapat dilakukan dengan berbagai cara, misalnya metode tabung impedansi, metode ruang terbuka, metode multi mikrofon, dan metode ruang dengung.

Metode pengukuran koefisien absorpsi yang paling banyak digunakan adalah metode tabung impedansi karena dengan metode ini adalah tidak membutuhkan sampel dalam ukuran yang besar. Kelemahan dari metode ini adalah tidak dapat digunakan untuk mengukur sumber dengan frekuensi yang kompleks. Pengukuran dengan metode tabung impedansi harus dilakukan pada setiap frekuensi secara satu persatu (Cox, 2009).



Gambar 2.3. Metode tabung impedansi

Dengan metode tabung impedansi didapatkan nilai SPL maksimum dan minimum. Nilai  $\alpha$  didapatkan dengan persamaan:

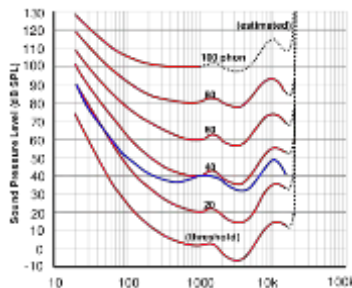
$$\alpha = 1 - \left( \frac{\log^{-1} \left( \frac{\Delta SPL}{20} \right) - 1}{\log^{-1} \left( \frac{\Delta SPL}{20} \right) + 1} \right)^2 \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan  $\Delta SPL$  adalah selisih nilai SPL maksimum dengan nilai minimum didalam tabung (Muda, 2009)

### 2.3. Kebisingan

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 48 tahun 1996, kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari suatu usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan, termasuk ternak, satwa, dan sistem alam. Pendengaran manusia dapat menangkap respon suara dalam rentang frekuensi 20 – 20.000 dB. Namun, pada tiap rentang frekuensi terdapat nilai tertentu yang merupakan batas tertinggi respon pendengaran yang disebut nilai ambang batas pendengaran (*threshold pain*). Nilai ambang batas pendengaran manusia pada setiap frekuensi tertuang dalam ISO 226:2003.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 1405 tahun 2002, tingkat kebisingan maksimal di ruang kerja sebesar 85 dBA (Kep. Menkes No. 1405/2002).



Gambar 2.4. Nilai ambang batas pendengaran manusia normal pada setiap frekuensi berdasarkan ISO 226:2003

Untuk tingkat kebisingan di lingkungan kerja antara 85 – 139 dBA, pemerintah mengatur waktu maksimum paparan per hari melalui Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. 51 Tahun 1999 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika di Tempat Kerja, seperti yang tertera pada tabel 2.1. Sedangkan tingkat kebisingan lebih dari 140 dBA tidak boleh terpapar walaupun sesaat (Kep. Men. Tenaga Kerja No. 51/1999).

Tabel 2.2 Nilai ambang batas kebisingan lingkungan kerja

<b>Waktu pemajanan per hari</b>		<b>Intensitas Kebisingan (dBA)</b>
8	Jam	85
4		88
2		91
1		94
30		97
15	Menit	100
7,5		103
3,75		106
1,88		109
0,94		112
28,12		115
14,06		118
7,03		121
3,52		124
1,76		127
0,88	Detik	130
0,44		133
0,22		136
0,11		139

Sumber: Kep. Men. Tenaga Kerja No. 51/1999

### 2.3.1 *Jenis-jenis kebisingan*

Klasifikasi kebisingan dilakukan berdasarkan beberapa cara. Berdasarkan sifat sumbernya, kebisingan dibagi menjadi 2 jenis, antara lain:

- Sumber kebisingan statis, yaitu kebisingan yang bersumber dari benda yang tidak bergerak. Misalnya kebisingan yang bersumber dari mesin pabrik.
- Sumber kebisingan dinamis, yaitu kebisingan dari benda yang berpindah posisi. Misalnya kebisingan dari suara mobil, kereta api, dan pesawat terbang.

Berdasarkan mekanisme perambatan energi bunyi, kebisingan dapat dibedakan menjadi 3;

- *Struktur-Borne Noise*, yaitu kebisingan yang dihasilkan oleh perambatan getaran struktur komponen dari suatu sistem struktur atau bagian yang bergetar tersebut akan meradiasikan atau merambatkan energi akustik dalam bentuk gelombang longitudinal. Sumber energi tersebut diperoleh dari adanya kerusakan atau tidak seimbangannya bagian serta gerakan bolak-balik dari suatu sistem.
- *Liquid-Borne Noise*, yaitu kebisingan yang ditimbulkan oleh karena adanya perambatan fluktuasi tekanan fluida, sehingga terjadi getaran kolom fluida, pusaran fluida, bunyi aliran dan kavitasi.
- *Air-Borne Noise*, yaitu kebisingan yang merambat melalui fluktuasi tekanan yang timbul di udara. Perambatan kebisingan melalui dua media seperti ini akan saling berkaitan. Dimana jika terjadi suatu perambatan bunyi yang bersumber dari struktur, maka getaran struktur akan dapat menggetarkan udara disekelilingnya. Pada saat yang sama udara yang bergetar tersebut juga akan menggetarkan struktur sehingga kebisingan

yang terjadi dapat berubah dari bentuk satu ke bentuk yang lain secara berkelanjutan.

Berdasarkan faktor penyebabnya, kebisingan dapat dikelompokkan menjadi:

- Kebisingan terus menerus dimana fluktuasi intensitasnya tidak lebih dari 6 dB, seperti suara yang ditimbulkan oleh motor diesel, kompresor dan kipas.
- Kebisingan terputus-putus, yaitu kebisingan dimana suara mengeras dan melemah secara perlahan-lahan. Misal: suara yang ditimbulkan oleh kendaraan yang berjalan, relatif terhadap orang yang diam di tepi jalan.
- Kebisingan impulsif, yaitu kebisingan yang membutuhkan waktu kurang dari 35 milidetik untuk mencapai puncak intensitas. Bila impuls terjadi secara berulang-ulang dengan selang waktu kurang dari 0,5 detik maka digolongkan sebagai kebisingan yang kontinu.

Berdasarkan pengaruhnya terhadap manusia, kebisingan dibagi atas:

- Kebisingan yang mengganggu (*Irritating Noise*): kebisingan dengan intensitas tidak terlalu keras.
- Kebisingan yang menutupi (*Masking Noise*). Merupakan bunyi yang menutupi pendengaran yang jelas. Secara tidak langsung bunyi ini akan membahayakan kesehatan dan keselamatan tenaga kerja, karena teriakan atau isyarat tanda bahaya tenggelam dalam bising dari sumber lain. Kebisingan jenis ini juga sangat mengganggu dalam hal komunikasi.
- Kebisingan yang merusak (*Damaging Injurious Noise*), adalah bunyi yang intensitasnya melampaui nilai ambang batas. Bunyi jenis ini akan merusak atau menurunkan fungsi pendengaran (Nanu, 2011).



### **2.3.2 Dampak Kebisingan**

Kebisingan dapat memberikan efek yang kurang baik terhadap kesehatan. Kualitas dan kuantitas kebisingan ditentukan antara lain oleh intensitas (*loudness*), frekuensi, periode (kontinyu atau terputus), dan durasinya. Faktor-faktor tersebut ikut mempengaruhi dampaknya terhadap kesehatan (Ismail, 2011). Kebisingan dapat menimbulkan gangguan pada indera pendengaran antara lain trauma akustik, ketulian sementara, hingga ketulian permanen. Trauma akustik adalah gangguan pendengaran yang disebabkan oleh pemaparan tunggal akibat intensitas kebisingan yang sangat tinggi dan terjadi secara tiba-tiba. Ketulian sementara merupakan gangguan pendengaran yang sifatnya sementara, daya dengar mampu pulih kembali berkisar dari beberapa menit sampai beberapa hari (3-10 hari). Jika seseorang terpapar pada suara diatas nilai kritis tertentu kemudian dipindahkan dari sumber suara tersebut, maka pendengaran orang tersebut berkurang. Jika pendengaran kembali normal dalam waktu singkat, maka pergeseran nilai ambang ini terjadi sementara. Fenomena ini dinamakan kelelahan auditorik (Subaris, 2008). Dampak dari kebisingan yang dialami seseorang dapat diukur dengan menggunakan audiometer, yaitu alat untuk mengukur nilai ambang pendengaran, yang menunjukkan hasil pengukuran dalam bentuk diagram (audiogram). Nilai ambang pendengaran adalah suara paling lemah yang dapat didengar oleh seseorang (Buchari, 2007).

Kebisingan mempengaruhi kesehatan manusia baik secara fisik maupun psikologis. Pada tahun 1993, WHO mengakui efek kesehatan penduduk yang berasal dari kebisingan, antara lain ketergangguan pola tidur, kardiovaskuler, gangguan sistem pernafasan, psikologis, fisiologis, dan tentunya gangguan

pendengaran. Kebisingan juga berpengaruh negatif dalam komunikasi, produktivitas dan perilaku sosial (Maleki, 2010). Efek psikologis akibat kebisingan misalnya hipertensi, takikardia, peningkatan pelepasan kortisol dan stres fisiologis meningkat. Efek psikologis dari kebisingan biasanya tidak terlihat dengan baik dan sering diabaikan. Penelitian di Amerika Serikat dan Selandia Baru menyatakan bahwa kebisingan dapat menurunkan kualitas hidup seseorang (Shepherd, 2010). Penelitian di Belanda membuktikan bahwa terdapat hubungan positif antara prevalensi efek kebisingan terhadap kesehatan seseorang dengan intensitas kebisingan (Salomons, 2011).

### ***2.3.3 Pengendalian Kebisingan***

Upaya pengendalian kebisingan dilakukan untuk mereduksi tingkat kebisingan. 3 jenis cara yang dapat ditempuh antara lain:

1. Pengendalian pada sumber.

Upaya pengendalian bising pada sumber kebisingan berupa perlindungan pada peralatan, struktur, dan pekerja dari dampak bising dengan cara pembatasan tingkat bising yang boleh dipancarkan sumber. Reduksi kebisingan pada sumber biasanya memerlukan modifikasi atau mereduksi gaya-gaya penyebab getaran sebagai sumber kebisingan dan mereduksi komponen-komponen peralatan. Pengendalian kebisingan pada sumber kebisingan relatif lebih efisien dan praktis dibandingkan dengan pengendalian pada lintasan/rambatan dan penerima.

2. Pengendalian pada media rambatan.

Pengendalian pada media rambatan dilakukan diantara sumber dan penerima kebisingan. Prinsip pengendaliannya adalah melemahkan intensitas kebisingan yang merambat dari sumber ke penerima dengan cara membuat hambatan-hambatan.

### 3. Pengendalian kebisingan pada pendengar.

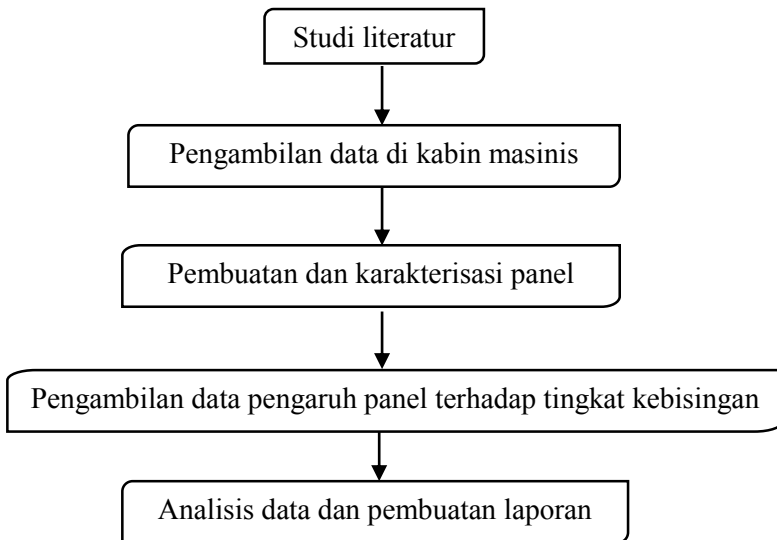
Pengendalian kebisingan pada pendengar dilakukan untuk mereduksi tingkat kebisingan yang diterima setiap hari. Pengendalian ini terutama ditujukan pada orang yang setiap harinya menerima kebisingan, seperti operator pesawat terbang dan orang lain yang menerima kebisingan. Pada manusia kerusakan akibat kebisingan diterima oleh pendengaran sehingga metode pengendaliannya memanfaatkan alat bantu yang bisa mereduksi tingkat kebisingan yang masuk ke telinga (Ramita, 2010).

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

### **BAB III**

## **METODOLOGI**

Pada tugas akhir ini, fokus utama penelitian adalah pada pengamatan tingkat kebisingan di dalam kabin masinis lokomotif CC201 di Dipo Lokomotif Sidotopo, Surabaya. Pengamatan tingkat kebisingan yang dilakukan di dalam kabin masinis meliputi pengaruh nyala mesin, pengaruh sistem transmisi mesin diesel, pengaruh sarana insulasi ruang (pintu & jendela), pengaruh pergerakan kereta, serta pengaruh pemasangan panel penyerap suara. Sebelum memasang panel di dalam kabin masinis, terlebih dahulu panel dikarakterisasi untuk mengetahui nilai koefisien penyerapan bunyi dan nilai rugi transmisi panel. Adapun langkah-langkah penelitian yang dilakukan ditampilkan dalam diagram alir berikut ini.



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian

### 3.1 Studi Literatur

Tahap Studi literatur bertujuan untuk mempelajari tinjauan pustaka yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir agar dapat digunakan sebagai landasan dalam pengukuran, analisa data dan pembahasan. Literatur yang digunakan dalam tugas akhir ini meliputi buku teks, artikel dan jurnal ilmiah serta materi dari internet.

### 3.2 Perancangan dan Pembuatan Panel

Dalam penelitian tugas akhir ini panel yang digunakan terbuat bahan rockwool dan triplek. Ukuran panel yang dibuat adalah 90 cm x 60 cm. Selain pembuatan panel, juga dibuat sistem penyangga yang berguna pada pemasangan panel di dalam kabin masinis. Adapun rincian variasi panel yang dibuat antara lain:

1. Panel A: Lapisan rockwool dengan ketebalan 5 cm.
2. Panel B: Lapisan rockwool dengan ketebalan 10 cm.
3. Panel C: Lapisan rockwool 5 cm + triplek 1 cm.
4. Panel D: Lapisan rockwool 10 cm + triplek 1 cm.

### 3.3 Karakterisasi Panel

Karakterisasi yang dilakukan meliputi nilai rugi transmisi (TL), rugi sisipan (IL), reduksi kebisingan (NR), selisih tingkat tekanan bunyi ( $\Delta L$ ), dan koefisien absorpsi ( $\alpha$ ). Dari literatur yang telah di dapatkan, untuk mengukur nilai rugi transmisi akan membutuhkan ruang sumber dan ruang pendengar. Tahap pengenalan peralatan membahas fungsi dan karakteristik peralatan yang digunakan dalam penelitian. Berikut peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ruang sumber, ruang penerima, software Yoshimasa Electronic, SLM, pistonphone, dan peralatan lainnya yang menunjang dalam teknis pembuatan panel seperti kayu, paku, dan sebagainya.

### 3.3.1. Ruang Sumber dan Ruang Pendengar

Dalam tugas akhir ini, ruang sumber yang digunakan adalah sumur persegi yang berada di dalam ruang pendengar yaitu Laboratorium instrumentasi akustik G-108 Jurusan Fisika, FMIPA ITS. Sumur persegi ini memiliki pada bagian alasnya terdapat beton padat dan keras dengan permukaan bagian dalamnya dilapisi banyak batu agar menimbulkan pemantulan difus. Dinding sumur yang lain terbuat dari Gypsum dengan ketebalan antara 4 – 5 cm sehingga bunyi yang keluar atau bocor dari dinding tersebut kecil. Ukuran geometri dari ruang sumber ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Ukuran ruang sumber

Besaran	Ukuran dalam	Ukuran Luar
Panjang	100 cm	109,5 cm
Lebar	100 cm	108,5 cm
Tinggi	97 cm	104,5 cm

Berdasarkan pada tabel 3.1, maka didapatkan volume ruang sumber adalah  $0,97 \text{ m}^3$ . Ruang sumber ini berada di dalam ruang pendengar yaitu Laboratorium instrument akustik G-108 Jurusan Fisika, FMIPA ITS. Volume pendengar tersebut adalah sekitar  $157,61 \text{ m}^3$  dan luas permukaannya sekitar  $181,22 \text{ m}^2$ .



Gambar 3.2 Sumur persegi

### 3.3.2 Perangkat lunak Yoshimasha Electronic

Dalam penelitian ini digunakan laptop yang dimana di dalamnya telah terinstal perangkat lunak *Yoshimasha Electronic* yang merupakan perangkat lunak dengan berbagai aplikasi misalnya *Realtime Analyzer*. Pada aplikasi *Realtime Analyzer* terdapat tool-tool yang digunakan pada penelitian ini, yaitu *Signal Generator* dan *FFT Analyzer*. *Signal generator* digunakan sebagai pembangkit sumber bunyi berupa *White Noise* yang ditampilkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Tampilan signal generator dan *Realtime Analyzer*

Fitur *FFT Analyzer* digunakan sebagai pengolah data. Selain itu aplikasi ini juga digunakan untuk mengkalibrasi SLM saat dihubungkan dengan perangkat lunak.

### 3.3.3 SLM dan Pistonphone

*Sound Level Meter* (SLM) yang digunakan pada penelitian ini ada dua yaitu SLM Rion NL-14 dan SLM Rion NL-20. SLM Rion NL 14 dapat digunakan untuk memfilter bunyi yang datang berdasar frekuensinya, dalam penelitian ini digunakan frekuensi 1 oktaf yaitu dari 125 Hz sampai 4000 Hz. SLM Rion NL 20 digunakan untuk mengukur waktu dengung pada ruang sumber dan



ruang pendengar setelah dihubungkan dengan kabel konektor ke laptop. Kedua SLM tersebut dapat dilihat pada gambar 3.5 (a) dan (b). Sebelum menggunakan SLM perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi SLM dapat digunakan kalibrator yaitu Pistonphone.

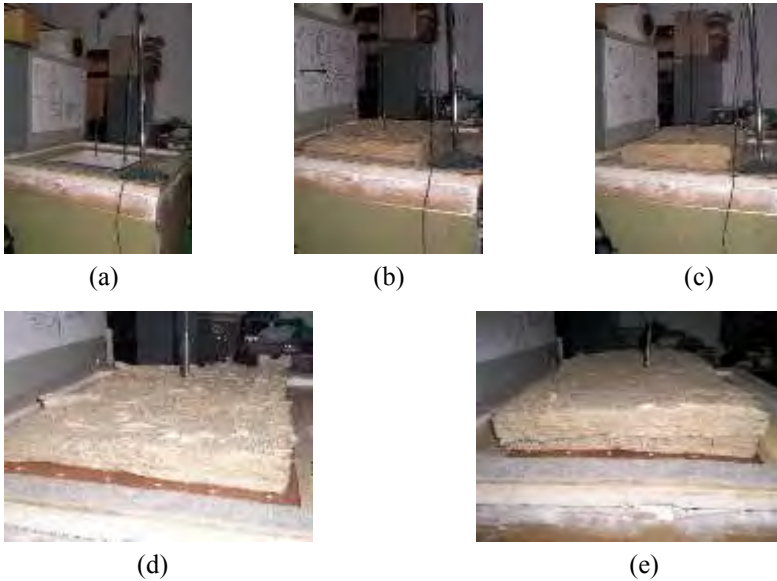


Gambar 3.4 (a) SLM Rion NL-20; (b). SLM Rion NL-14;

Dikarenakan ruang sumber yang digunakan memiliki volume relatif lebih kecil dibandingkan dengan ruang pendengar, maka pengukuran nilai  $TL$  dari bahan dilakukan dengan cara pengukuran besaran-besaran akustik lainnya yaitu rugi sisipan ( $IL$ ), beda tingkat tekanan bunyi pada ruang sumber ( $\Delta L$ ), dan waktu dengung ruang pendengar.

### 3.3.4 Cara Karakterisasi

Pengukuran rugi sisipan ( $IL$ ) dilakukan dengan pada mulanya diukur SPL ruang pendengar tanpa partisi terlebih dahulu. Pengukuran ini dilakukan dengan jarak mikrofon terhadap lubang sumber sebesar 4 cm. Setelah itu dilakukan pengukuran SPL pada ruang pendengar setelah panel dipasang, dimana jarak antara mikrofon dengan sampel adalah 4 cm. Dilakukan pengukuran dengan cara yang sama untuk panel A, B, C, dan D.



Gambar 3.5. Karakterisasi dengan sumur persegi untuk; (a) Tanpa panel; (b) Panel A; (c) panel B; (d) Panel C; (e) Panel D.

Pengukuran  $\Delta L$  dilakukan dengan cara mengukur waktu dengung pada ruang sumber sebelum partisi dipasang dan setelah partisi dipasang. Mengukur waktu dengung digunakan SLM NL-20 yang telah dihubungkan ke laptop. Sebelum pengukuran SLM terlebih dahulu dikalibrasi. Pengukuran waktu dengung dilakukan dengan pemberian *Impulse* pada ruang sumber seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Selain itu, pengukuran waktu dengung juga dilakukan pada ruang pendengar dengan prosedur yang sama seperti pengukuran waktu dengung pada ruang sumber. Pengukuran koefisien absorpsi bunyi ( $\alpha$ ) dilakukan di laboratorium dengan menggunakan tabung impedansi – mikrofon tunggal.

### **3.4 Pengukuran di Kabin Masinis**

Pengukuran di dalam kabin masinis terbagi menjadi 5 fokus pengamatan, antara lain:

1. Pengaruh nyala mesin, pengamatan dilakukan melalui hasil pengukuran tingkat kebisingan pada kondisi mesin nyala dan kondisi mesin mati.
2. Pengaruh sistem transmisi mesin, pengamatan dilakukan melalui hasil pengukuran tingkat kebisingan pada setiap not. Kondisi mesin dinyalakan dengan posisi lokomotif tidak bergerak. Pada pengamatan ini terdapat 8 variasi, mulai dari not 1 hingga not 8.
3. Pengaruh sarana insulasi ruang, pengamatan dilakukan melalui hasil pengukuran tingkat kebisingan pada setiap variasi kondisi sarana insulasi ruang yang terdapat didalam kabin masinis; yakni pintu dan jendela. Pada pengamatan ini, pengambilan data dilakukan didalam dan diluar kabin masinis dengan 4 variasi kondisi, yaitu:
  - a. Kondisi pintu dan jendela tertutup.
  - b. Kondisi pintu tertutup, jendela terbuka.
  - c. Kondisi pintu terbuka, jendela tertutup.
  - d. Kondisi pintu dan jendela tertutup.
4. Pengaruh pergerakan kereta, pengamatan dilakukan melalui hasil pengukuran tingkat kebisingan antara kondisi lokomotif diam dan bergerak. Pengukuran pada kondisi lokomotif bergerak dilakukan pada saat langsir (pindah jalur).
5. Pengaruh pemasangan panel penyerap suara, pengamatan dilakukan melalui hasil pengukuran tingkat kebisingan antara panel absorber dipasang, dibandingkan dengan kondisi tanpa panel absorber.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

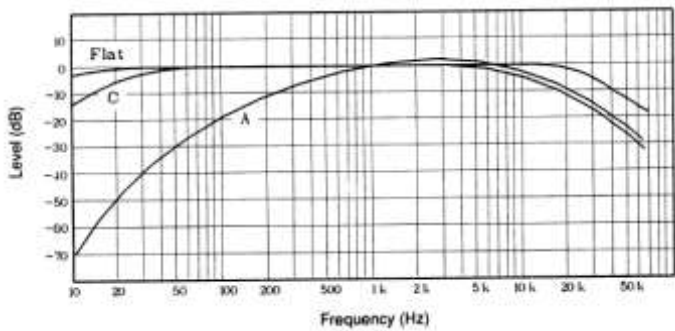
#### **4.1. Gambaran Umum Penelitian**

Pengambilan data penelitian tugas akhir ini dilakukan di Dipo Lokomotif Sidotopo, Surabaya dengan objek lokomotif CC201 dengan nomor seri CC2017707 dan CC2017716. Data yang diambil pada penelitian ini adalah data tingkat kebisingan, sehingga pengukuran dilakukan dengan skala pembobotan A. Data hasil penelitian yang dilakukan tercantum pada bagian lampiran.



Gambar 4.1 Lokomotif CC 201 yang menjadi objek penelitian

Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan menggunakan SLM Rion NL-14 yang memiliki fitur penyaring frekuensi 1 oktaf dan 1/3 oktaf dan dapat dilakukan pembobotan datar (*flat*), A, dan C dengan karakteristik pembobotan pada setiap frekuensi seperti tampak pada gambar 4.2 (Anonim, 1990).



Gambar 4.2 Karakteristik pembobotan pada setiap frekuensi.

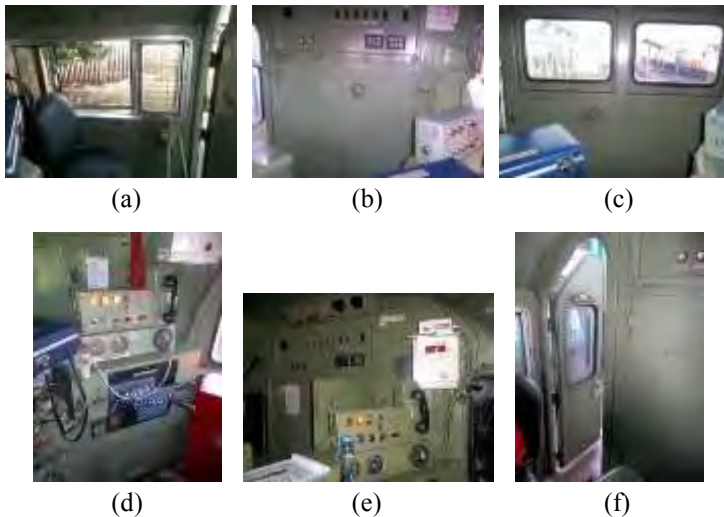
4.2 Pengaruh nyala mesin

Analisis pengaruh nyala mesin diesel kereta api terhadap kebisingan di dalam kabin masinis dilakukan dengan cara membandingkan tingkat kebisingan antara kondisi mesin mati dengan tingkat kebisingan pada kondisi mesin dinyalakan. Penelitian dilakukan pada lokomotif CC2017716 dengan hasil seperti tertera pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Pengaruh kondisi nyala mesin terhadap tingkat kebisingan di dalam kabin masinis

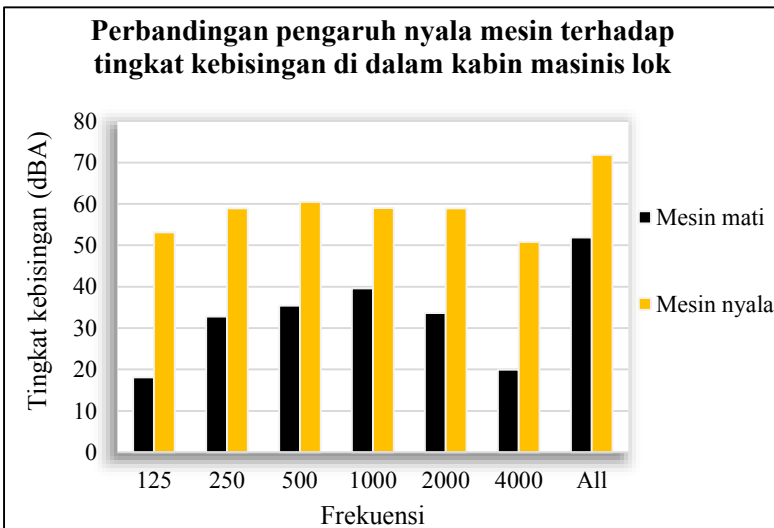
Frekuensi	Kondisi Mesin (dBA)	
	Nyala	Mati
125	53.1	18.1
250	58.9	32.8
500	60.5	35.4
1000	59.0	39.6
2000	58.9	33.6
4000	50.8	19.9
All	71.8	51.9

Pengambilan data pada kondisi lokomotif tidak bergerak sehingga dapat diasumsikan kebisingan hanya berasal dari suara mesin yang menyala. Tempat pengukuran antara sebelum dan sesudah mesin kereta api dinyalakan pada tempat yang sama. Hal ini dilakukan guna mencegah adanya perubahan kondisi bising latar belakang dan lingkungan sekitar. Pada saat pengukuran, mesin dinyalakan pada kondisi transmisi terendah (not 1). Semua sarana insulasi bunyi, yakni jendela dan pintu lokomotif, pada saat pengukuran dilakukan berada pada kondisi tertutup. Dari data yang didapat, baik pada kondisi mesin nyala maupun mati, kebisingan yang terdapat didalam kabin masinis CC201 didominasi oleh suara dengan frekuensi 250 – 2000 hertz. Adapun kebisingan yang terdapat didalam kabin masinis pada saat mesin menyala selain bersumber dari suara aktivitas mesin, juga disebabkan getaran material didalam kabin.



Gambar 4.3. Bagian dalam kabin masinis lokomotif CC 201

Terdapat dua kemungkinan penyebab rendahnya bunyi dengan frekuensi kurang dari 250 hertz dan frekuensi lebih dari 2000 hertz. Kemungkinan pertama, karena bunyi yang dikeluarkan sumber pada frekuensi-frekuensi tersebut memang rendah. Kemungkinan kedua, bunyi pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi tersebut diserap oleh material lokomotif. Kondisi ini sangat dipengaruhi oleh material-material penyusun interior kabin. Tingkat kebisingan antara kondisi mesin mati dengan nyala memiliki perbedaan berkisar antara 19,4 hingga 35 dBA. Adanya keragaman perbedaan tingkat kebisingan yang terjadi merupakan karakteristik bunyi yang diemisikan oleh mesin. Peningkatan terbesar terdapat pada frekuensi 250 Hz. Pada pengukuran secara *overall*, perbedaan tingkat kebisingan akibat suara mesin 19,9 dBA. Hal ini membuktikan bahwa kebisingan yang ditimbulkan oleh mesin kereta api cukup besar dan sangat terasa bagi masinis ataupun operator lokomotif.



Gambar 4.4. Grafik perbandingan tingkat kebisingan antara kondisi mesin mati dengan nyala



### 4.3 Pengaruh sistem transmisi mesin

Mesin kereta api memiliki sistem tenaga dengan 8 tingkat transmisi, disebut not, yang dikendalikan secara manual. Untuk mengetahui pengaruh sistem transmisi mesin diesel kereta api terhadap kebisingan didalam kabin masinis dilakukan pengukuran kebisingan setiap not mesin pada kondisi kereta tidak berjalan dengan jendela dan pintu kabin tertutup.

Tabel 4.2 Pengaruh sistem transmisi terhadap tingkat kebisingan di dalam kabin masinis

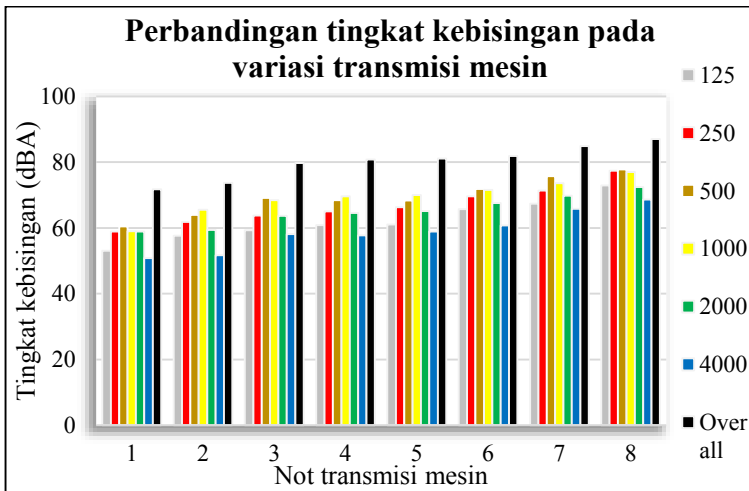
Freq	Not transmisi mesin							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>125</b>	53.1	57.6	59.3	60.9	61.1	65.7	67.4	72.9
<b>250</b>	58.9	61.8	63.8	65.0	66.3	69.6	71.4	77.4
<b>500</b>	60.5	64.0	69.1	68.5	68.4	71.9	75.8	77.8
<b>1000</b>	59.0	65.5	68.5	69.6	70.0	71.6	73.6	77.0
<b>2000</b>	58.9	59.4	63.7	64.6	65.1	67.6	69.8	72.4
<b>4000</b>	50.8	51.7	58.1	57.7	58.9	60.8	65.8	68.6
<b>All</b>	71.8	73.7	79.7	80.8	81.1	81.9	84.9	87.0

Dari data yang diperoleh, baik pada frekuensi tertentu maupun secara *overall*, tampak bahwa adanya peningkatan kebisingan didalam kabin masinis setiap penambahan not. Dari 8 perubahan sistem transmisi mesin, kebisingan pada frekuensi 125 hertz meningkat 19,8 dBA; kebisingan pada frekuensi 250 hertz bertambah 18,5 dBA; kebisingan frekuensi 500 hertz meningkat 17,3 dBA; kebisingan pada frekuensi 1000 hertz bertambah 18 dBA; kebisingan frekuensi 4000 hertz bertambah 17,8 dBA; untuk kebisingan pada frekuensi secara keseluruhan meningkat 15,2 dBA; Meningkatnya kebisingan diakibatkan oleh bertambahnya



Gambar 4.5. Kendali transmisi mesin kereta api

aktivitas mesin diesel kereta api. Selain itu, juga diakibatkan meningkatnya getaran didalam kabin masinis seiring tingginya transmisi mesin. Getaran yang ditimbulkan dapat menyebabkan bunyi yang dapat didengar secara langsung (misal: getaran yang menyebabkan terjadinya interaksi antara jendela dengan bodi lokomotif), maupun tidak dapat didengar secara langsung (misal: bunyi dengan frekuensi rendah).



Gambar 4.6 Grafik perbandingan tingkat kebisingan pada setiap kondisi transmisi mesin

#### 4.4 Pengaruh sarana insulasi ruang

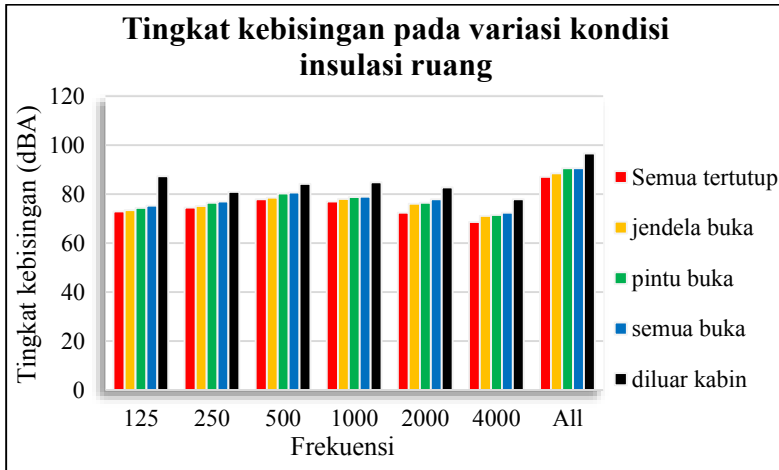
Mengingat keberadaan kabin masinis pada jarak yang sangat dekat dengan mesin kereta api, maka kabin didesain sedemikian rupa tanpa mengabaikan faktor keselamatan pendengaran masinis. Pintu dan jendela kabin juga berfungsi sebagai sarana insulasi kabin masinis dari kebisingan. Berikut ini adalah data pengukuran untuk mengetahui pengaruh sarana insulasi ruang terhadap tingkat kebisingan di dalam kabin masinis.

Tabel 4.3 Pengaruh sarana insulasi terhadap tingkat kebisingan di dalam kabin masinis.

Freq	Kondisi				
	Semua tertutup	Jendela terbuka	Pintu terbuka	Semua terbuka	Luar kabin
<b>125</b>	72.9	73.4	74.3	75.2	87.3
<b>250</b>	77.4	75.1	76.4	76.9	80.8
<b>500</b>	77.8	78.5	80.2	80.6	82.3
<b>1000</b>	77.0	78.0	78.8	78.9	84.8
<b>2000</b>	72.4	76.0	76.4	77.9	82.7
<b>4000</b>	68.6	71.1	71.5	72.4	77.8
<b>All</b>	87.0	88.4	90.5	90.6	96.6

Kolom ketiga bermakna pengukuran dilakukan pada kondisi jendela terbuka dan pintu tertutup. Sedangkan untuk pintu terbuka pada kolom keempat, kondisi jendela dalam keadaan tertutup. Pengambilan data dilakukan pada kondisi transmisi mesin not 8. Dari data yang didapatkan pada tabel 4.3, pengaruh sarana insulasi ruang kabin masinis didapatkan dengan membandingkan antara kebisingan pada salah satu kondisi dengan kebisingan di luar kabin. Secara keseluruhan, dari data kebisingan tabel 4.3 diatas dapat terlihat bahwa semakin terbuka kondisi kabin, maka kebisingan didalam kabin masinis pun semakin tinggi. Dalam hal ini, pintu dan

jendela kabin berguna sebagai pengendali kebisingan pada jalur (medium) perambatan bunyi.



Gambar 4.7 Grafik tingkat kebisingan pada variasi kondisi insulasi ruang

Kondisi pintu dan jendela tertutup adalah kondisi kebisingan terendah dibandingkan dengan kondisi salah satu ataupun seluruh sarana insulasi dalam keadaan terbuka. Hal ini terjadi karena penutupan seluruh sarana insulasi ruang menyebabkan bunyi yang masuk ke dalam kabin masinis melalui medium perambatan udara menjadi berkurang. Meskipun pada kondisi seluruh sarana insulasi ditutup merupakan nilai kebisingan terendah dibandingkan dengan kondisi yang lainnya, tingkat kebisingan yang terdapat didalam kabin masinis tetap melebihi ambang batas yang telah ditetapkan dalam Keputusan Menteri Kesehatan nomor 1405 tahun 2002 yakni 85 dBA. Terlebih lagi pada kondisi sarana insulasi ruang jika ada yang terbuka karena hambatan terhadap suara yang masuk kedalam kabin masinis berkurang.

Pada keadaan jendela terbuka sementara pintu ditutup, terdapat kenaikan tingkat kebisingan sebesar 1,4 dBA dibanding

kondisi seluruh sarana insulasi ruang tertutup. Peningkatan ini diakibatkan bunyi yang masuk secara langsung melalui jendela. Peningkatan pada kondisi jendela terbuka lebih kecil daripada peningkatan yang terjadi pada kondisi pintu yang terbuka, yakni sebesar 3,5 dBA. Hal ini terjadi karena salah satu pintu kabin masinis mengarah ke mesin. Peningkatan selisih kebisingan pintu terbuka lebih besar dibanding kondisi jendela terbuka juga dikarenakan oleh ukuran pintu lebih besar daripada jendela.

#### 4.5 Pengaruh pergerakan kereta

Kebisingan yang meningkat akibat pergerakan kereta api dapat terasa dengan jelas bagi pengamat yang berada di luar kereta akibat adanya kebisingan yang bersumber dari interaksi antara roda kereta api dengan rel. Begitu pula bagi pengamat yang berada didalam kabin masinis. Akibat dari interaksi roda dengan rel bagi pengamat didalam kereta tidak hanya menambah tingginya tingkat kebisingan tetapi juga peningkatan getaran. Berikut ini data pengaruh pergerakan kereta api terhadap tingkat kebisingan didalam kabin masinis.

Tabel 4.4 Tingkat kebisingan pada variasi kondisi pergerakan kereta api

<b>Freq</b>	<b>Diam</b>	<b>Bergerak</b>
<b>125</b>	57.6	58.9
<b>250</b>	61.8	65.1
<b>500</b>	64.0	68.3
<b>1000</b>	65.5	68.8
<b>2000</b>	59.4	72.4
<b>4000</b>	51.7	58.7
<b>All</b>	73.7	82.2

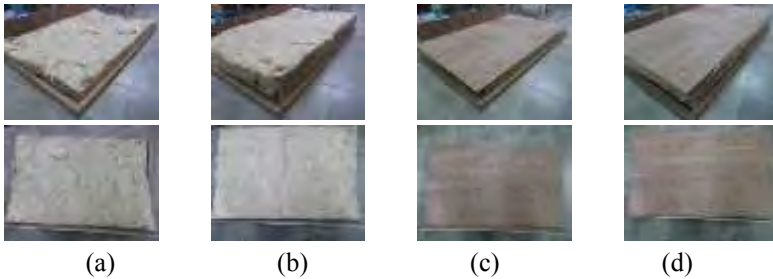
Fokus pengamatan mengenai pengaruh pergerakan kereta api adalah perbandingan antara tingkat kebisingan kereta api tidak

bergerak pada kondisi transmisi not 2, dengan kondisi tingkat kebisingan pada saat kereta api bergerak. Pemilihan transmisi not 2 sebagai pembanding dikarenakan pada saat proses akuisisi data lokomotif bergerak untuk berpindah jalur menggunakan transmisi not 2. Penelitian pada kondisi kereta bergerak dilakukan tanpa pengukuran pada setiap not mulai dari not 1 hingga not 8 karena kondisi proses langsir (perpindahan jalur) tidak memungkinkan untuk menggunakan transmisi lebih dari not 3.

Dari data yang didapatkan seperti tertera pada tabel 4.4, pergerakan kereta terbukti juga menyebabkan kenaikan tingkat kebisingan di dalam kabin masinis, baik pada frekuensi tertentu maupun secara *overall*. Penyebab utama naiknya tingkat kebisingan jika dibandingkan dengan kondisi mesin menyala pada posisi tidak bergerak adalah adanya suara yang bersumber dari interaksi antara roda kereta api dengan rel. Suara interaksi roda kereta dengan rel lebih terdengar ketika kereta melewati sambungan antar rel, terutama apabila dalam kondisi kecepatan rendah. Faktor teknis lainnya, seperti suara yang diakibatkan oleh getaran material yang terdapat di dalam kabin juga menjadi penyebab naiknya tingkat kebisingan.

#### **4.6 Pemasangan Panel Penyerap Suara**

Panel penyerap suara (*absorber*) yang dibuat pada tugas akhir ini terbuat dari bahan dasar rockwool dengan rincian sebagaimana tertera pada subbab 3.2. Setiap panel dikarakterisasi meliputi nilai koefisien absorpsi ( $\alpha$ ), reduksi bising ( $NR$ ), rugi sisipan ( $IL$ ), perbedaan tingkat tekanan bunyi ( $\Delta L$ ), dan nilai rugi transmisi ( $TL$ ).



Gambar 4.8. Tampak atas dan tampak depan dari panel yang digunakan pada penelitian; (a). Panel A; (b). Panel B; (c) Panel C; dan (d) Panel D.

Karakterisasi dilakukan di Laboratorium Akustik dan Fisika Bangunan Jurusan Fisika ITS dengan menggunakan tabung impedansi dan sumur persegi. Adapun hasil karakterisasi yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.5. Karakteristik panel absorber yang digunakan

Freq	Panel A				
	$\alpha$	NR	IL	$\Delta L$	TL
<b>125</b>	0.802	23.5	15.8	-1.303	5.365
<b>250</b>	0.802	13.6	9.1	0.446	0.759
<b>500</b>	0.748	7.2	10.2	-1.271	2.126
<b>1000</b>	0.815	12.2	16.4	-0.774	7.762
<b>2000</b>	0.865	23.3	23.4	-0.522	15.536
<b>4000</b>	0.835	29.5	30.6	-1.001	23.007
<b>All</b>	-	13.1	10.1	-1.513	1.078

Freq	Panel B				
	$\alpha$	NR	IL	$\Delta L$	TL
125	0.838	25.0	18.1	-0.334	7.331
250	0.786	18.3	14.5	-0.768	4.944
500	0.769	16.8	18.2	-1.729	9.668
1000	0.850	25.0	27	-1.104	18.032
2000	0.906	30.0	34	-0.522	26.136
4000	0.909	33.0	37	-1.165	29.243
All	-	17.6	15.3	-2.024	5.767

Freq	Panel C				
	$\alpha$	NR	IL	$\Delta L$	TL
125	0.730	19.1	14.5	-0.164	3.901
250	0.267	14.2	10.5	-0.631	1.082
500	0.496	11.5	14.1	-1.359	5.938
1000	0.366	15.7	18.9	-0.774	10.262
2000	0.480	17.2	21.0	-0.522	13.136
4000	0.174	16.3	18.2	-0.766	10.842
All	-	11.7	11.6	-1.761	2.330

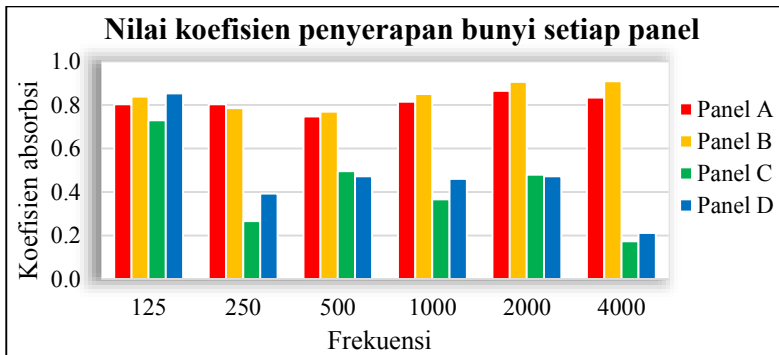
Freq	Panel D				
	$\alpha$	NR	IL	$\Delta L$	TL
125	0.854	20.7	16.1	-0.811	4.854
250	0.394	19.4	15.7	-0.497	6.416
500	0.472	14.2	16.8	-1.359	8.638
1000	0.461	20.0	23.2	-0.881	14.455
2000	0.472	17.4	21.2	-0.341	13.517
4000	0.212	16.9	18.8	-1.001	11.207
All	-	14.4	14.3	-1.635	5.156

Pengukuran  $\alpha$  pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode tabung impedansi – mikrofon tunggal, seperti terdapat pada gambar 2.4. Dari hasil pengukuran dengan metode ini diperoleh nilai SPL maksimum dan SPL minimum. Nilai  $\alpha$  didapat dengan



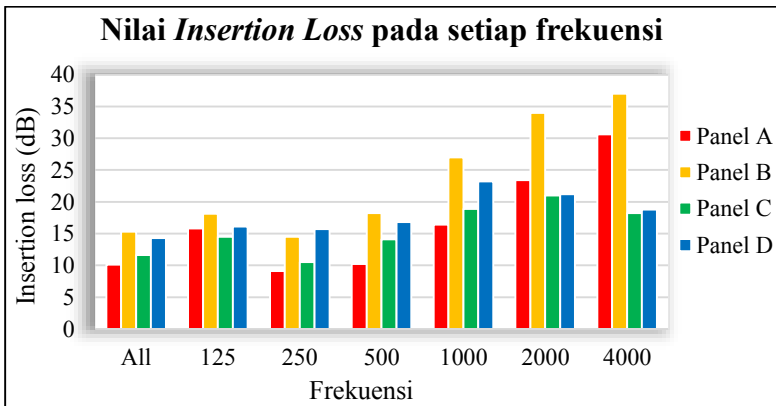
persamaan 2.7, dengan hasil tertera pada tabel 4.5. Berbeda dari parameter lainnya, untuk frekuensi keseluruhan (*overall*) tidak ada nilai koefisien absorpsi semua panel karena pengukuran dengan menggunakan metode tabung impedansi hanya dapat dilakukan pada frekuensi tunggal.

Hasil perhitungan nilai  $\alpha$  akan lebih mudah diamati melalui gambar 4.9. Tampak pada gambar bahwa pola grafik nilai  $\alpha$  panel A semodel dengan panel B, sedangkan panel C semodel dengan panel D. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik penyerapan panel sangat dipengaruhi oleh penggunaan triplek sebagai pelapis. Perubahan karakteristik  $\alpha$  diakibatkan sifat triplek yang lebih memantulkan bunyi dibandingkan *rockwool*. Frekuensi bunyi yang dipantulkan oleh triplek dapat diamati melalui grafik dengan kondisi nilai  $\alpha$  yang menurun, yaitu selain pada frekuensi 125 hertz. Dengan kata lain, panel C dan D bersifat reflektif untuk frekuensi tersebut. Secara umum, dari tingginya nilai koefisien penyerapan bahan pada gambar 4.9, dapat dinyatakan bahwa panel A dan panel B baik dalam menyerap bunyi dengan frekuensi 125 – 4000 hertz.



Gambar 4.9. Grafik koefisien absorpsi setiap panel

*IL* merupakan selisih tingkat tekanan bunyi di ruang pendengar sebelum partisi dipasang dan setelah partisi dipasang. Pengukuran ini dilakukan untuk tiap kenaikan bunyi satu oktaf yaitu pada jangkauan frekuensi 125 - 4000 Hz dengan tujuan untuk mengetahui nilai *TL* optimum. Pengukuran *IL* dilakukan dengan jarak mikrofon 4 cm terhadap panel. Jarak ini dipilih dikarenakan jarak maksimum ketinggian mikrofon terhadap partisi untuk pengukuran *IL* adalah sekitar 1/10 dari lebar partisi. Dari hasil pengukuran didapatkan data SPL di ruang pendengar sebelum dan sesudah pemasangan panel sebagai partisi antar ruang. Untuk nilai *IL* didapat dengan persamaan 2.8. Hasil perhitungan nilai *IL* setiap panel tertera pada tabel 4.5, yang apabila dilakukan plotting dalam bentuk grafik maka menghasilkan gambar 4.10.



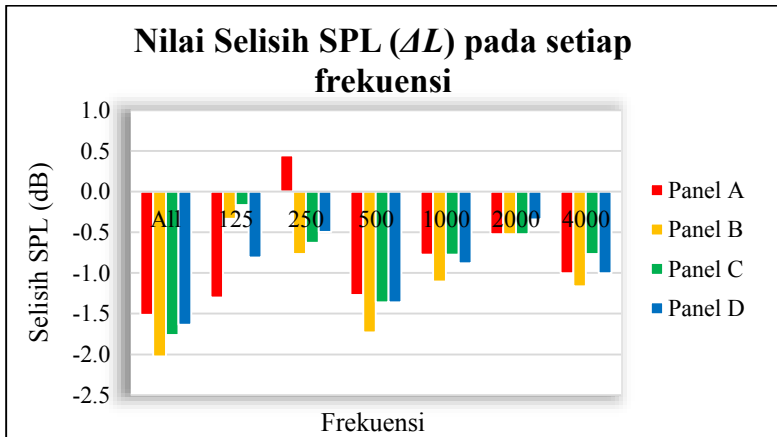
Gambar 4.10. Grafik nilai *Insertion Loss* setiap panel pada masing-masing frekuensi

Secara umum, dari gambar 4.10 terlihat bahwa nilai *IL* dari semua panel relatif tidak jauh berbeda pada frekuensi 125 hertz. Untuk frekuensi diatas 250, perbedaan nilai *IL* antar panel semakin membesar. Perbedaan nilai *IL* terbesar antara keempat panel terdapat pada frekuensi 4000 hertz, menunjukkan karakteristik

setiap panel. Berdasarkan gambar 4.10 diatas, selain pada frekuensi 500 hertz, terlihat bahwa besar  $IL$  panel B lebih besar daripada panel lainnya. Pemasangan triplek sebagai pelapis panel, mempengaruhi nilai  $IL$  panel karena triplek bersifat lebih memantulkan bunyi. Pelapisan triplek menyebabkan kemiripan karakter antara panel C dengan panel D, yang dapat diamati dengan jelas pada frekuensi 2000 dan 4000 hertz. Selain itu, jumlah *rockwool* yang digunakan pada panel juga berpengaruh pada nilai  $IL$  setiap panel. Hal ini dapat diamati dari perbandingan antara nilai  $IL$  panel B yang selalu lebih besar dari panel A.

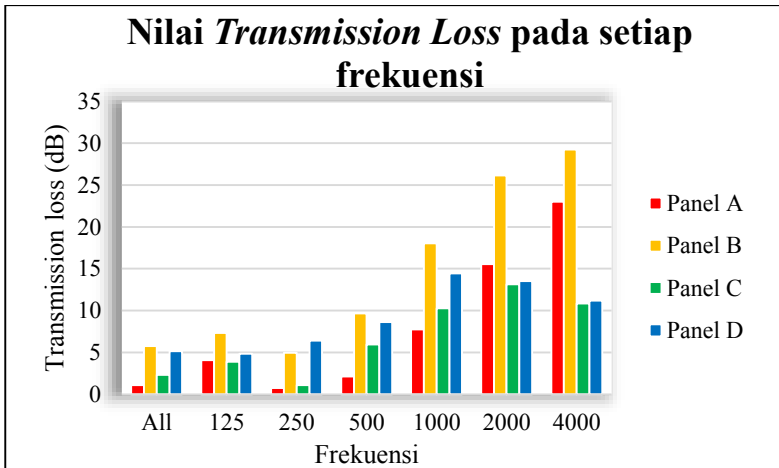
Selisih SPL ( $\Delta L$ ) merupakan besar SPL yang dipantulkan kembali oleh partisi. Untuk memperoleh parameter  $\Delta L$  dilakukan pengukuran waktu dengung tanpa maupun dengan pemasangan panel sebagai partisi. Pengukuran waktu dengung pada penelitian ini terdiri dari 2 tempat; yaitu waktu dengung pada ruang sumber dan pada ruang pendengar. Seperti yang telah dijelaskan pada subbab 2.2, waktu adalah waktu yang diperlukan peluruhan bunyi sebesar 60 dB. Pengukuran waktu dengung pada ruang sumber dibedakan menjadi dua yaitu waktu dengung ruang sumber saat partisi belum dipasang dan setelah partisi dipasang. Sedangkan pada ruang pendengar, pengukuran waktu dengung tidak dibedakan saat panel dipasang sebagai partisi, maupun sebelum dipasang. Hal ini dikarenakan volum ruang sumber ( $157,61 \text{ m}^3$ ) jauh lebih besar dibandingkan dengan volum ruang pendengar ( $0,97 \text{ m}^3$ ). Dalam penelitian ini, waktu dengung pada ruang pendengar yang digunakan adalah pengukuran waktu dengung sebelum partisi dipasang. Pengukuran waktu dengung di ruang sumber dan di ruang pendengar tanpa panel sebagai partisi dilakukan hanya sekali karena kesamaan kondisi ruang sumber dan pendengar.

Nilai  $\Delta L$  dihitung dengan persamaan 2.6 karena ruang pendengar relatif lebih kecil daripada ruang sumber. Hasil perhitungan nilai  $\Delta L$  setiap panel ditunjukkan pada gambar 4.11. Secara umum, hampir seluruh nilai  $\Delta L$  panel bernilai negatif. Jika dikembalikan pada pengertian  $\Delta L$  yang merupakan SPL yang dipantulkan oleh partisi, nilai negatif ini menandakan bahwa suara cenderung terserap oleh panel.



Gambar 4.11. Grafik nilai selisih SPL setiap panel

Parameter yang ditentukan selanjutnya adalah nilai rugi transmisi, dengan menggunakan persamaan 2.7. Nilai  $IL$  dan  $\Delta L$  telah didapatkan, seperti yang tertera pada tabel 4.5. Parameter  $S$  yang digunakan untuk menentukan nilai rugi transmisi adalah luas permukaan panel, yakni  $0,54 \text{ m}^2$ , dan parameter  $A_2$  adalah total penyerapan pada ruang pendengar didapatkan dari pengukuran waktu dengung pada ruang pendengar. Perbedaan nilai  $TL$  dari keempat panel dapat diamati pada gambar 4.12 berikut ini.



Gambar 4.12. Grafik *transmission loss* setiap panel

Pada gambar 4.12 terlihat bahwa nilai *TL* untuk semua panel pada frekuensi 125 – 500 hertz bernilai rendah. Hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya efek resonansi partisi pada frekuensi tersebut. Efek resonansi partisi adalah penurunan nilai *TL* apabila frekuensi resonansi partisi sama dengan frekuensi sumber bunyi sehingga energi bunyi yang datang pada permukaan partisi akan diteruskan (Santoso, 2012). Efek resonansi partisi dapat menyebabkan getaran pada permukaan partisi, sehingga menjadi sumber bunyi baru. Bunyi ini terbaca oleh mikrofon, sehingga selain merupakan bunyi yang ditransmisikan panel, sehingga nilai *SPL* yang terbaca oleh mikrofon pada ruang pendengar namun juga bunyi akibat bergetarnya panel dan menyebabkan nilai *TL* menjadi kecil. Jumlah *rockwool* yang digunakan pada setiap panel mempengaruhi nilai *TL*. Hal ini terlihat pada perbandingan antara nilai *TL* panel A dan C yang lebih rendah daripada nilai *TL* panel B dan D. Semakin banyak *rockwool* yang digunakan maka semakin baik dalam

mereduksi getaran yang terjadi. Hal ini dapat terlihat dari tingginya nilai  $TL$  panel B

Dengan penggunaan triplek sebagai pelapis panel ditemukan hasil bahwa nilai  $TL$  untuk frekuensi 2000 dan 4000 Hz lebih kecil dibanding anpa dilapisi triplek. Hal ini dimungkinkan terjadi karena adanya bunyi yang masuk ke dalam ruang pendengar terpantulkan berulang kali oleh dinding ruang dan triplek pelapis sehingga intensitas bunyi terbaca oleh mikrofon didalam ruang pendengar tidak jauh berbeda dari intensitas bunyi di ruang sumber.

Setelah karakterisasi panel dilakukan, penelitian dilanjutkan dengan pengukuran dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh pemasangan panel terhadap tingkat kebisingan di dalam kabin masinis. Pengukuran dilakukan pada lokomotif CC2017707, dengan hasil tertera pada tabel 4.6.

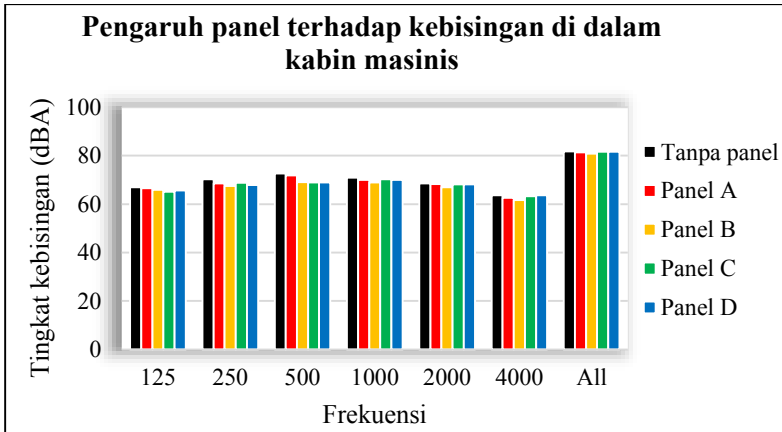


Gambar 4.13. Panel absorber yang dipasang didalam kabin masinis;  
(a) Panel A; (b) Panel B; (c) Panel C; (d) Panel D

Tabel 4.6 Hasil pengukuran pengaruh panel penyerap bunyi terhadap tingkat kebisingan di dalam kabin masinis

Freq	Kondisi				
	Tanpa panel	Panel A	Panel B	Panel C	Panel D
125	67.0	66.5	65.9	65.1	65.7
250	70.3	68.6	67.5	68.8	67.9
500	72.7	71.8	69.1	68.9	68.9
1000	70.9	70.0	69.0	70.3	70.0
2000	68.5	68.3	67.0	68.2	68.1
4000	63.7	62.6	61.7	63.3	63.6
All	81.8	81.4	80.9	81.6	81.6

Dari data yang didapat, terlihat bahwa ketebalan panel absorber berpengaruh pada tingkat kebisingan yang diserap. Jika dibandingkan dengan kebisingan di dalam kabin masinis tanpa dipasang panel, maka panel A yang terbuat dari rockwool dengan ketebalan 5 cm mengurangi tingkat kebisingan sebesar 0,4 dBA pada frekuensi *overall*. Sedangkan panel B yang terbuat dari rockwool dengan ketebalan 10 cm mengurangi kebisingan sebesar 0,9 dBA. Dari kedua hasil ini, dapat dinyatakan bahwa semakin tebal rockwool yang digunakan maka kebisingan yang diserap juga semakin besar. Peambahan ketebalan rockwool yang digunakan untuk membuat panel sangat efektif untuk mereduksi kebisingan frekuensi 500 hertz. Perbedaan tingkat kebisingan antara kondisi tanpa panel dibandingkan dengan kondisi terpasang panel C dan panel D, terutama pada frekuensi diatas 250 hertz, bernilai hampir sama. Hal ini berarti pengaruh pelapisan triplek pada panel akan lebih mendominasi dibandingkan pengaruh penambahan jumlah *rockwool* pada panel.



Gambar 4.14. Tingkat kebisingan di dalam kabin masinis pada variasi panel absorber.

Dalam aplikasinya secara nyata untuk mereduksi tingkat kebisingan di dalam kabin masinis, akan lebih efektif jika panel tidak dilapisi triplek. Hal ini diketahui dengan membandingkan reduksi tingkat kebisingan akibat panel A dan B, dengan reduksi tingkat kebisingan akibat panel C dan panel D. Selain pada frekuensi 125 dan 500 hertz, reduksi tingkat kebisingan yang diakibatkan oleh panel C dan D lebih kecil daripada reduksi oleh panel A maupun B. Dari variasi ketebalan dan pelapisan panel, dapat disimpulkan bahwa panel absorber akan semakin baik dalam mereduksi tingkat kebisingan apabila dibuat semakin tebal tanpa menggunakan triplek sebagai pelapis panel.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakter akustik setiap panel berbeda antara satu dengan yang lain.
2. Kebisingan di dalam kabin masinis dipengaruhi oleh faktor kondisi nyala mesin kereta, pergerakan lokomotif, kondisi sarana insulasi ruang, dan sistem transmisi mesin kereta api.
3. Panel yang paling baik dalam mereduksi kebisingan didalam kabin masinis adalah panel yang terbuat dari bahan *rockwool* dengan ketebalan 10 cm tanpa dilapisi triplek (panel B).

#### **5.2 Saran**

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah hendaknya dilakukan penelitian dengan menggunakan metode pengendalian kebisingan yang berbeda, agar didapat reduksi kebisingan secara optimal.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## LAMPIRAN A

## A.1. Data hasil pengukuran di kabin masinis

Tabel A. 1. Data pengukuran tingkat kebisingan dengan variasi pemasangan panel

Freq	Kondisi panel				
	Tanpa bahan	Panel A	Panel B	Panel C	Panel D
<b>125</b>	67.0	66.5	65.9	65.1	65.7
<b>250</b>	70.3	68.6	67.5	68.8	67.9
<b>500</b>	72.7	71.8	69.1	68.9	68.9
<b>1000</b>	70.9	70.0	69.0	70.3	70.0
<b>2000</b>	68.5	68.3	67.0	68.2	68.1
<b>4000</b>	63.7	62.6	61.7	63.3	63.6
<b>All</b>	81.8	81.4	80.9	81.6	81.6

Tabel A. 2. Data pengukuran tingkat kebisingan dengan variasi transmisi mesin

Freq	Lokomotif							
	Not 1	Not 2	Not 3	Not 4	Not 5	Not 6	Not 7	Not 8
<b>125</b>	53.1	57.6	56.9	60.9	61.1	65.7	67.4	72.9
<b>250</b>	58.9	61.8	65.1	65.0	66.3	69.6	71.4	77.4
<b>500</b>	60.5	64.0	68.3	68.5	68.4	71.9	75.8	77.8
<b>1000</b>	59.0	65.5	68.8	69.6	70.0	71.6	73.6	77.0
<b>2000</b>	58.9	59.4	72.4	64.6	65.1	67.6	69.8	72.4
<b>4000</b>	50.8	51.7	58.7	57.7	58.9	60.8	65.8	68.6
<b>All</b>	71.8	73.7	82.2	80.8	81.1	81.9	84.9	87.0

Tabel A. 3. Data pengukuran tingkat kebisingan dengan variasi kondisi sarana insulasi ruang

Freq	Lokomotif				
	tutup semua	jendela buka	pintu buka	semua buka	diluar kabin
<b>125</b>	72.9	73.4	74.3	75.2	87.3
<b>250</b>	74.4	75.1	76.4	76.9	80.8
<b>500</b>	77.8	78.5	80.2	80.6	84.1
<b>1000</b>	77.0	78.0	78.8	78.9	84.8
<b>2000</b>	72.4	76.0	76.4	77.9	82.7
<b>4000</b>	68.6	71.1	71.5	72.4	77.8
<b>All</b>	87.0	88.4	90.5	90.6	96.6

Tabel A. 4. Data pengukuran tingkat kebisingan dengan variasi kondisi nyala mesin kereta api.

Freq	Mesin Lokomotif	
	Mati	Hidup
<b>125</b>	18.1	53.1
<b>250</b>	32.8	58.9
<b>500</b>	35.4	60.5
<b>1000</b>	39.6	59.0
<b>2000</b>	33.6	58.9
<b>4000</b>	19.9	50.8
<b>All</b>	51.9	71.8

Tabel A. 5. Data pengukuran tingkat kebisingan dengan variasi kondisi pergerakan kereta api.

Freq	Lokomotif	
	Diam	Bergerak
<b>125</b>	57.6	58.9

<b>250</b>	61.8	65.1
<b>500</b>	64.0	68.3
<b>1000</b>	65.5	68.8
<b>2000</b>	59.4	72.4
<b>4000</b>	51.7	58.7
<b>All</b>	73.7	82.2

## A.2. Data hasil pengukuran karakterisasi panel dengan sumur persegi

Tabel A. 6. Data pengukuran karakterisasi panel A

<b>Frekuensi</b>	<b>RT s</b>	<b>RT s'</b>	<b>RT p</b>	<b>Ls'</b>	<b>Ls</b>	<b>Lp'</b>	<b>Lp</b>
<b>All</b>	0.051	0.036	0.051	79.9	77.5	66.8	76.9
<b>125</b>	0.027	0.020	0.026	74.3	65.4	50.8	66.6
<b>250</b>	0.037	0.041	0.038	66.3	64.5	52.7	61.8
<b>500</b>	0.067	0.050	0.060	65.8	67.7	58.6	68.8
<b>1000</b>	0.049	0.041	0.047	59.2	61.7	47.0	63.4
<b>2000</b>	0.053	0.047	0.053	57.1	57.5	33.8	57.2
<b>4000</b>	0.068	0.054	0.063	48.4	50.3	18.9	49.5

Tabel A. 7. Data pengukuran karakterisasi panel B

<b>Frekuensi</b>	<b>RT s</b>	<b>RT s'</b>	<b>RT p</b>	<b>Ls'</b>	<b>Ls</b>	<b>Lp'</b>	<b>Lp</b>
<b>All</b>	0.051	0.032	0.051	79.2	77.5	61.6	76.9
<b>125</b>	0.027	0.025	0.026	73.5	65.4	48.5	66.6
<b>250</b>	0.037	0.031	0.038	65.6	64.5	47.3	61.8
<b>500</b>	0.067	0.045	0.060	67.4	67.7	50.6	68.8
<b>1000</b>	0.049	0.038	0.047	61.4	61.7	36.4	63.4
<b>2000</b>	0.053	0.047	0.053	53.2	57.5	23.2	57.2
<b>4000</b>	0.068	0.052	0.063	45.5	50.3	12.5	49.5

Tabel A. 8. Data pengukuran karakterisasi panel C

<b>Frekuensi</b>	<b>RT s</b>	<b>RT s'</b>	<b>RT p</b>	<b>Ls'</b>	<b>Ls</b>	<b>Lp'</b>	<b>Lp</b>
<b>All</b>	0.051	0.034	0.051	77.0	77.5	65.3	76.9
<b>125</b>	0.027	0.026	0.026	71.2	65.4	52.1	66.6

<b>250</b>	0.037	0.032	0.038	65.5	64.5	51.3	61.8
<b>500</b>	0.067	0.049	0.060	66.2	67.7	54.7	68.8
<b>1000</b>	0.049	0.041	0.047	60.2	61.7	44.5	63.4
<b>2000</b>	0.053	0.047	0.053	53.4	57.5	36.2	57.2
<b>4000</b>	0.068	0.057	0.063	47.6	50.3	31.3	49.5

Tabel A. 9. Data pengukuran karakterisasi panel D

<b>Frekuensi</b>	<b>RT s</b>	<b>RT s'</b>	<b>RT p</b>	<b>Ls</b>	<b>Ls'</b>	<b>Lp</b>	<b>Lp'</b>
<b>All</b>	0.051	0.035	0.051	77.5	77.0	76.9	62.6
<b>125</b>	0.027	0.022	0.026	65.4	71.2	66.6	50.5
<b>250</b>	0.037	0.033	0.038	64.5	65.5	61.8	46.1
<b>500</b>	0.067	0.049	0.060	67.7	66.2	68.8	52.0
<b>1000</b>	0.049	0.040	0.047	61.7	60.2	63.4	40.2
<b>2000</b>	0.053	0.049	0.053	57.5	53.4	57.2	36.0
<b>4000</b>	0.068	0.054	0.063	50.3	47.6	49.5	30.7

Keterangan:

RT s : waktu dengung pada ruang sumber sebelum partisi dipasang

RT s' : waktu dengung pada ruang sumber setelah partisi dipasang

RT p : waktu dengung pada ruang pendengar sebelum partisi dipasang

Ls : SPL pada ruang sumber sebelum partisi dipasang

Ls' : SPL pada ruang sumber setelah partisi dipasang

Lp : SPL pada ruang pendengar sebelum partisi dipasang

Lp' : SPL pada ruang pendengar setelah partisi dipasang

### A.3. Data hasil pengukuran karakterisasi panel dengan tabung impedansi

Tabel A. 10. Data pengukuran SPL maksimum dan minimum dengan metode tabung impedansi

Panel	Frekuensi	SPL max	SPL min
<b>A</b>	125	134.9	127.5
	250	132.0	123.3
	500	131.9	122.8
	1000	119.4	112.3
	2000	92.2	86.7
	4000	114.5	109.1
<b>B</b>	125	127.0	118.7
	250	119.7	111.4
	500	128.1	118.5
	1000	121.3	113.3
	2000	111.8	105.1
	4000	108.2	100.7
<b>C</b>	125	133.8	123.8
	250	131.9	109.7
	500	125.5	110.1
	1000	122.5	103.6
	2000	115.4	99.6
	4000	114.0	87.6
<b>D</b>	125	132.5	125.5
	250	124.7	106.6
	500	133.1	117.1

	1000	129.9	113.6
	2000	116.5	100.5
	4000	117.2	92.7



## LAMPIRAN B

### B.1 Perhitungan $\alpha$

Dari data SPL maksimum dan minimum di dalam tabung impedansi, dapat diketahui besar koefisien absorpsi panel dengan menggunakan persamaan 2.9. Berikut contoh perhitungan  $\alpha$  untuk panel A pada frekuensi *overall*.

Diketahui:

$$\text{SPL maksimum} = 134,9 \text{ dB}$$

$$\text{SPL minimum} = 127,5 \text{ dB}$$

Ditanya :

$$\alpha = \dots\dots?$$

Dijawab :

$$\Delta \text{SPL} = \text{SPL max} - \text{SPL min}$$

$$= 134,9 - 127,5 \text{ dB}$$

$$= 7,4 \text{ dB}$$

$$\alpha = 1 - \left( \frac{\log^{-1} \left( \frac{\Delta \text{SPL}}{20} \right) - 1}{\log^{-1} \left( \frac{\Delta \text{SPL}}{20} \right) + 1} \right)^2$$

$$\alpha = 1 - \left( \frac{\log^{-1} \left( \frac{7,4}{20} \right) - 1}{\log^{-1} \left( \frac{7,4}{20} \right) + 1} \right)^2$$

$$\alpha = 1 - \left( \frac{\log^{-1} 0,37 - 1}{\log^{-1} 0,37 + 1} \right)^2$$

$$\alpha = 1 - 0,402^2$$

$$\alpha = 1 - 0,16$$

$$\alpha = 0,84$$

Dengan cara yang sama seperti contoh perhitungan diatas maka didapatkan nilai IL untuk variabel lainnya seperti yang tertera pada tabel 4.5.

## B.2. Perhitungan IL

Dari data SPL pada ruang pendengar sebelum partisi dipasang dengan SPL pada ruang pendengar setelah dipasang dapat dicari besar nilai rugi sisipan yang disebut IL dengan menggunakan persamaan 2.8. Berikut contoh perhitungan nilai IL untuk panel A pada frekuensi *overall*.

Diketahui :

$$L_p' = 66,8 \text{ dB}$$

$$L_p = 76,9 \text{ dB}$$

Ditanya :

$$IL = \dots\dots?$$

Dijawab :

$$\begin{aligned} IL &= L_p - L_p' \\ &= 76,9 - 66,8 \text{ dB} \\ &= 10,1 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti contoh perhitungan diatas maka didapatkan nilai IL untuk variabel lainnya seperti yang tertera pada tabel 4.5.

### B.3. Perhitungan NR

Dari data SPL pada ruang sumber setelah partisi dipasang dengan SPL pada ruang pendengar setelah dipasang dapat dicari reduksi bising (NR) dengan menggunakan persamaan 2.2. Berikut contoh perhitungan NR untuk panel A pada frekuensi *overall*.

Diketahui :

$$L_p' = 66,8 \text{ dB}$$

$$L_s' = 79,9 \text{ dB}$$

Ditanya :

$$\text{NR} = \dots\dots?$$

Dijawab :

$$\begin{aligned} \text{NR} &= L_s' - L_p' \\ &= 79,9 - 66,8 \text{ dB} \\ &= 13,1 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti contoh perhitungan diatas maka didapatkan nilai NR untuk variabel lainnya seperti yang tertera pada tabel 4.5.

### B.4. Perhitungan $\Delta L$

Dari pengukuran waktu dengung pada ruang sumber sebelum partisi dipasang ( $RT_s$ ) dengan waktu dengung sesudah partisi dipasang ( $RT_{s'}$ ) sehingga dengan persamaan 2.6 dapat dihitung total penyerapan pada ruang sumber sebelum partisi dipasang ( $A_0$ ) dan setelah partisi dipasang ( $A_1$ ). Contoh perhitungan pada panel A dengan frekuensi sumber bunyi *overall*:

Diketahui :

$$RT_s = 0.051 \text{ sekon}$$

$$RT_{s'} = 0.036 \text{ sekon}$$

$$\text{Volume ruang sumber} = 151,61 \text{ m}^3$$

Ditanya :

$$A_0 \text{ dan } A_1 = \dots?$$

Dijawab :

$$A_0 = \frac{0.16 v}{RT_s}$$

$$A_1 = \frac{0.16 v}{RT_{s'}}$$

$$A_0 = \frac{0.16 \times 151.61}{0.051}$$

$$A_1 = \frac{0.16 \times 151.61}{0.036}$$

$$A_0 = 494.46$$

$$A_1 = 700.49$$

$A_0$  dan  $A_1$  dinyatakan dalam  $\text{m}^2$  sabin.

Dari perhitungan total penyerapan pada ruang sumber sebelum partisi dipasang dan setelah dipasang maka dapat diketahui nilai beda tingkat tekanan bunyi.

$$\Delta L = 10 \log \frac{A_0}{A_1} = 10 \log \frac{494.46}{700.49}$$

$$\Delta L = -1,513 \text{ dB}$$

Dengan cara yang sama seperti contoh perhitungan diatas maka didapatkan nilai IL untuk variabel lainnya seperti yang tertera pada tabel 4.5.

#### B.5. Perhitungan TL

Dengan waktu dengung pada ruang pendengar dan perhitungan yang sama menghitung penyerapan total seperti contoh perhitungan sebelumnya maka dapat dihitung penyerapan total pada ruang pendengar yang bervolume  $0,97 \text{ m}^3$ . Dari perhitungan nilai IL dan  $\Delta L$  serta penyerapan total ruang pendengar

sehingga dengan persamaan 2.6 dapat dihitung nilai TL panel.  
Contoh perhitungan pada panel A dengan frekuensi *overall*:

Diketahui :

$$IL = 10,1 \text{ dB}$$

$$\Delta L = -1,513 \text{ dB}$$

$$A_2 = 3,04 \text{ m}^2 \text{ sabine}$$

$$S = 0,54 \text{ m}^2$$

Ditanya :

$$TL = \dots$$

Dijawab

$$TL = IL + \Delta L + 10 \log \frac{S}{A_2}$$

$$TL = 10,1 + (-1,513) + 10 \log \frac{0,54}{3,04}$$

$$= 10,1 - 1,513 - 7,509 \text{ dB}$$

$$= 1,078 \text{ dB}$$

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta pada awal tahun 1990 dengan nama Tri Sujarwanto merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SDN 02 Ceger, SMPN 160 Jakarta, dan SMAN 58 Jakarta. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan di Jurusan Fisika Institut Teknologi

Sepuluh Nopember pada bidang keahlian instrumentasi dengan konsentrasi pada bidang akustik dan instrumentasi analog.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***